

ПРОЯВЛЕНИЕ ПАМЯТИ ФОРМЫ В Fe–Mn–Si СПЛАВАХ

Лабзова Л.В.

Руководитель – проф., Маркова Г.В.

ГОУ ВПО Тульский государственный университет, г. Тула

LabzovaLiliy@mail.ru

Одной из важных проблем развития технологии является разработка новых материалов. В последнее время особый интерес привлекают сплавы Fe–Mn, легированные различными элементами с целью создания дополнительных возможностей и свойств. Известно, что легирование кремнием способствует развитию формовосстановления при изменении температуры в этих сплавах.

Целью работы являлось изучение проявления эффекта памяти формы (ЭПФ) и влияние температуры закалки на характеристики формоизменения в сплавах Fe–Mn–Si с содержанием марганца 23 и 30 %, дополнительно легированные 5 % кремния (масс. %).

Характеристики формовосстановления при деформации кручением ($\gamma_{np} = 1...5\%$) определяли на проволочных образцах ($d = 1,6$ мм) на установке, разработанной на кафедре ФММ ТулГУ [1]. По результатам измерений строили график зависимости $\gamma(T)$ (рисунок 1), при помощи которого определяли характеристики памяти формы и температуры начала и конца формовосстановления ($\gamma_s, \gamma_n, \gamma_{np}$, температуры A_s^{ϕ}, A_f^{ϕ} и т.д.).

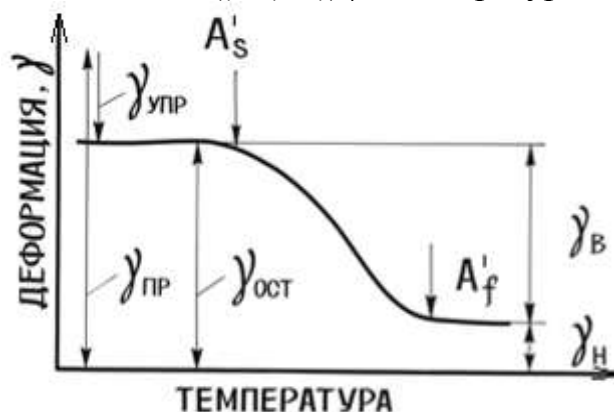


Рисунок 1. Характеристики формовосстановления, определяемые по зависимости $\gamma(T)$

Степень восстановления формы K рассчитывали по формуле 1:

$$K = \frac{\gamma_{ост} - \gamma_n}{\gamma_{ост}} \times 100\%. \quad (1)$$

Измерение параметров формовосстановления сплавов Fe–23Mn–5Si и Fe–30Mn–5Si и исследование ЭПФ осуществляли по двум схемам:

I Однократная предварительная деформация при комнатной температуре в мартенситном состоянии на заданную величину – нагрев до температур обратного МП;

II Предварительная деформация при комнатной температуре в мартенситном состоянии на заданную величину с накоплением при последующем увеличении степени деформации.

Погрешность, определенная по многократным испытаниям, не выходит за пределы допустимой технической нормы 10 %.

Образцы предварительно подвергали закалке из однофазной γ -области от 400...1000 °С, с шагом 100 °С, выдержка в течение 60 минут, охлаждение в воде.

Все полученные зависимости формоизменения для изученных сплавов имеют одинаковый характер. В исследованных сплавах восстановление формы наблюдали только при нагреве предварительно деформированного образца (рисунок 2), при охлаждении до комнатной температуры изменение формы не происходит.

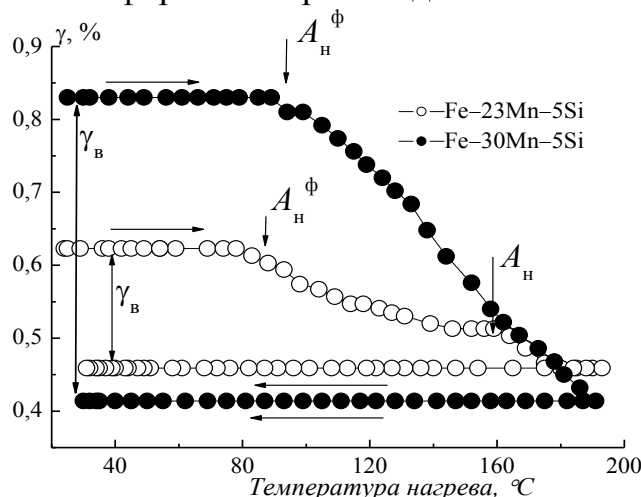


Рисунок 2. Кривые формовосстановления образцов сплавов Fe–23Mn–5Si и Fe–30Mn–5Si после $\gamma_{пр} = 2\%$. ($T_{зак} = 700\text{ °C}$)

Исследования показали, что все параметры формовосстановления в исследованных сплавах Fe–Mn–Si – остаточная деформация ($\gamma_{ост}$), упругая ($\gamma_{упр}$) и невосстановленная (γ_n) деформации зависят от степени предварительной деформации. Величина восстановленной деформации не превышает 0,475 %, изменение предварительной деформации не оказывает на нее существенного влияния. Увеличение предварительной деформации от 1 до 5 % приводит к росту упругой, остаточной и невосстановленной деформации по линейному закону, а степень формовосстановления K снижается по экспоненциальному закону (рисунок 3), по-видимому, вследствие увеличения доли деформации скольжением.

Наибольшая степень формовосстановления достигается при малых степенях предварительной деформации 1...2 % и температуре закалки

500...800 °С. При увеличении степени предварительной деформации уменьшается влияние температуры заковки на K . Сплав с 30 % Mn показывает лучшие характеристики формовосстановления ($K_{\max} = 89\%$) по сравнению со сплавом Fe–23Mn–5Si ($K_{\max} = 74\%$) (рисунок 2).

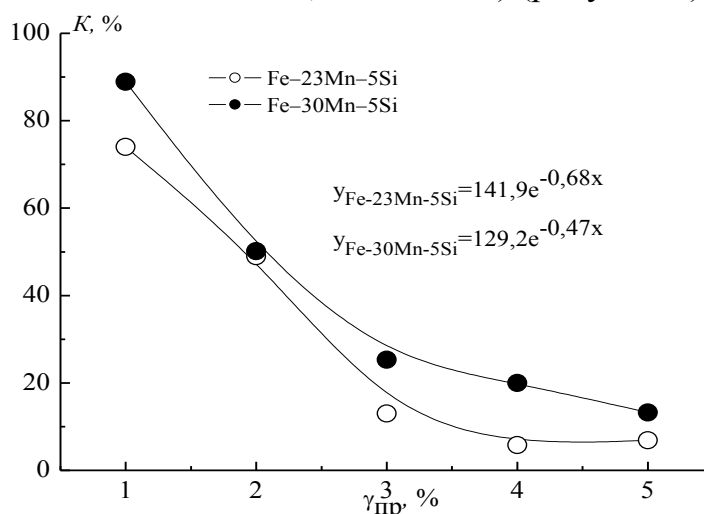


Рисунок 3. Зависимость коэффициента формовосстановления (K) от величины предварительной деформации ($\gamma_{\text{пр}}$) (Fe–23Mn–5Si при $T_{\text{зак}} = 500\text{ }^{\circ}\text{C}$, Fe–30Mn–5Si при $T_{\text{зак}} = 700\text{ }^{\circ}\text{C}$)

Материалы с ЭПФ могут использоваться в режиме либо однократного срабатывания, либо многократного. Проведено сравнение характеристик формовосстановления сплавов Fe–Mn–Si при двух схемах деформирования – однократная деформация (схема I) и деформация накоплением (схема II).

Проведенные исследования позволяют сделать следующие выводы:

1. При увеличении степени предварительной деформации возрастает температура начала формовосстановления для обоих изучаемых сплавов.
2. Обнаруженное формоизменение в сплаве Fe–30Mn–5Si может быть связано только с образованием мартенсита напряжения под действием нагрузки приложенной при измерении, и не может быть обусловлено равновесным мартенситным превращением $\varepsilon \leftrightarrow \gamma$ [2].
3. Экстремальное влияние температуры заковки на степень формовосстановления косвенно свидетельствует о структурных процессах неустановленной природы, протекающих в однофазной γ -области.

Используемые литературные источники:

1. Патент РФ № 92538. Опубл. Б.И. № 8, от 20.03.2010, МПК⁸ G01N 3/38, Устройство для измерения параметров восстановления формы в материалах, Архангельский С. И., Лабзова Л. В., Маркова Г. В., Чуканов И. В.
2. О природе эффекта памяти формы в сплавах Fe–Mn–Si / Е.З. Винтайкин, А.А. Гуляев, А.Б. Оралбаев [и др.]. // Металлофизика. – 1991. – Т. 13, № 8. – С. 43 – 51.